(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer : **0 687 111 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **95108497.9**

(22) Anmeldetag : **02.06.95**

(51) Int. Cl.[6] : **H04N 7/24**

(30) Priorität : **06.06.94 DE 4419678**
15.10.94 DE 4436956

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
13.12.95 Patentblatt 95/50

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(71) Anmelder : **SICAN, GESELLSCHAFT FÜR SILIZIUM-ANWENDUNGEN UND CAD/CAT NIEDERSACHSEN mbH**
Garbsener Landstrasse 10
D-30419 Hannover (DE)

(72) Erfinder : **von Reventlow, Christian, Dr.**
Klenzestrasse 37
D-80469 München (DE)
Erfinder : **Grüger, Klaus, Dr.**
Wilksheide 36
D-30459 Hannover (DE)

(74) Vertreter : **Eikenberg, Kurt-Rudolf, Dr.**
Dipl.-Chem.
Eikenberg & Partner
Schackstrasse 1
D-30175 Hannover (DE)

(54) Verfahren zur Codierung/Decodierung eines Datenstroms

(57) Das beschriebene Verfahren umfaßt die Verfahrensstufen einer Umsortierung sowie einer Komprimierung bzw. Dekomprimierung der Daten. Zur Umsortierung werden die Daten in einem Zwischenspeicher abgelegt und in anderer Ordnung dekomprimiert wieder ausgelesen.

In der Stufe der Komprimierung bzw. Dekomprimierung können Datenblöcke aus dem Datenstrom in einem zweiten Zwischenspeicher abgelegt und wieder ausgelesen werden, wobei die Daten auch in dem zweiten Zwischenspeicher komprimiert abgelegt und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden.

Durch diese Maßnahmen werden der erforderliche Speicherbedarf für den Zwischenspeicher, die erforderliche Speicherbandbreite und die im Zwischenspeicher abzuspeichernde Datenrate minimiert.

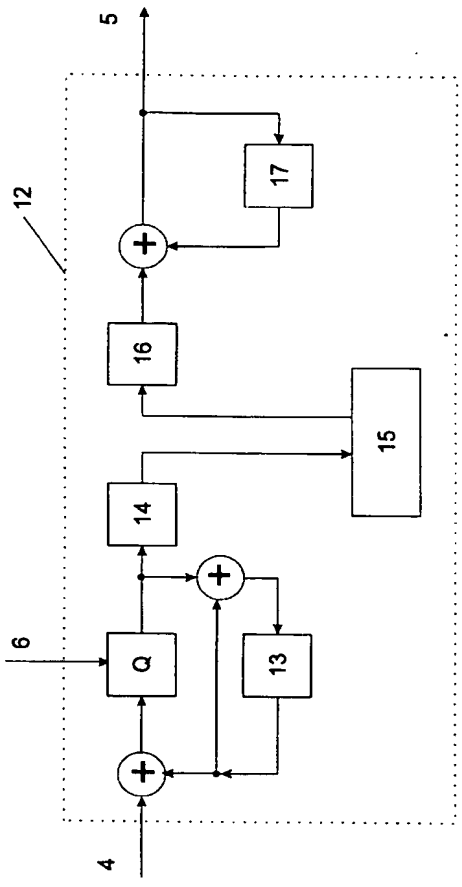


Fig. 2

EP 0 687 111 A2

Codier- und Decodierverfahren werden dazu verwendet, um die Datenrate zu minimieren und somit möglichst viele Daten mit einer geringen Anzahl von Kanälen zu übertragen oder in möglichst wenig Speicher ablegen zu können.

Beispielsweise sind die Methoden zur Codierung und Decodierung von Bild- und Toninformation in den Standards "Joint Picture Expert Group" (JPEG) und "Motion Picture Expert Group" (MPEG) festgelegt. Geräte zur Durchführung dieser Verfahren basieren zumeist auf digitalen Signalprozessoren (DSP). Auch Ein-Chip-Implementierungen sind bereits auf dem Markt erhältlich.

Stand der Technik

Ein Datenstrom besteht aus einer Abfolge von Elementen, deren Dateninhalte zu verschiedenen Gruppen zusammengefaßt werden können. Den Gruppen werden in regelmäßigen Abständen neue Dateninhalte durch den Datenstrom zugewiesen. Die Gesamtheit der Gruppen bilden einen Datensatz. Bei der Verarbeitung von Datenströmen ist es zwischen den einzelnen Verfahrensschritten oftmals erforderlich, Datenblöcke zwischenzuspeichern. Außerdem müssen strukturierte Datenströme oftmals in eine andere Gruppierung umgeordnet werden. Der dafür erforderliche Speicherbedarf ist von der maximalen Datenmenge abhängig, die pro Zeiteinheit parallel abgespeichert werden muß.

Der Speicherbedarf kann verringert werden, indem Adressierungsmethoden verwendet werden, bei denen z.B. freie Speicherplätze zwischen blockweise abgelegten Daten ausgenutzt werden. Möglich ist auch eine virtuelle Adressierung, bei der eine logische Adresse, die zur Position des Elementes im Segment proportional ist, durch eine Transformationsfunktion in eine physikalische Adresse umgerechnet wird. Bei großen Datenmengen, wie sie z.B. bei der digitalen Bildverarbeitung anfallen, ist der resultierende Speicherbedarf dennoch zu hoch. Problematisch bleibt außerdem die unverändert hohe Datenrate, mit der die Informationen im physikalischem Speicher abgelegt werden.

Am Beispiel der digitalen Bildverarbeitung nach dem MPEG-Verfahren sei die Problematik der Zwischenspeicherung und Umformatierung näher erläutert:

Natürliche Bildsequenzen haben drei Eigenschaften, die für die Kodierung ausgenutzt werden können. Zunächst sind aufeinanderfolgende Bilder einer Bildsequenz ähnlich. Änderungen von Bild zu Bild sind dabei selten auf neue Bildinhalte zurückzuführen, als vorwiegend auf die Bewegung von Objekten. Desweiteren bestehen natürliche Bilder in erster Näherung aus Flächen und Kanten. Dabei nehmen die Flächen den Hauptteil des Bildbereichs ein. Sie sind charakterisiert durch allmähliche Farb- und Helligkeitsübergänge. Daher sind benachbarte Pixel innerhalb eines Bildes oft ähnlich. Schließlich kommen innerhalb natürlicher Bilder nicht alle Graustufen gleich häufig vor. Ein mittlerer Grauwert wird häufiger auftreten als schwarz und weiß.

Diese drei Effekte beschreiben die Ähnlichkeit des Signals mit sich selber, nämlich die Ähnlichkeit aufeinanderfolgender Bilder, die Ähnlichkeit örtlich benachbarter Bildpunkte und die Ähnlichkeit von Häufigkeitsverteilungen der Grauwerte verschiedener Bilder. Diese Redundanzen können zur Kompression ausgenutzt werden, indem zeitliche Redundanzen aufeinanderfolgender Bilder durch eine bewegungskompensierte DPCM-Schleife (Differential Pulse Code Modulation) und räumliche Redundanzen und Irrelevanzen innerhalb eines Bildes durch eine DCT (Diskrete Cosinus-Transformation) und VLC-Techniken (Variable Length Coding, bestehend aus Run-Length- und Huffmann-Codierung) aufgelöst werden. Diese Techniken zur Videokompression werden Hybridcodierung genannt. Sie sind bereits aus Videokonferenz- und Zuspielungs-Codecs, den Normen CCITT bzw. ITU-T, H.261 bzw. CMTT/2, und aus dem JPEG-Verfahren hinreichend bekannt und erprobt.

Die Datenkompression wird in einem MPEG-Encoder durchgeführt. In einer ersten Stufe werden die digitalen Videodaten zuerst aus der zeilenweisen Bilddarstellung in eine Abfolge von 8x8-Blockmatritzen umsortiert (Frame-Reordering), da ein vollständiges, in einer zweidimensionalen Matrix repräsentierbares Fernsehbild derart übertragen wird, daß die Bildpunkte zeilenweise zusammengefaßt sind und die Zeilen zeitlich aufeinanderfolgen. Die Bildpunkte entsprechen dabei den Elementen eines Datenstroms, die Gesamtheit der Elemente in einer Zeile einer Gruppe, und das Bild einem Datensatz. Das im MPEG-Standard beschriebene blockorientierte Codierungsverfahren sieht vor, daß die üblicherweise zeilenweise organisiert vorliegenden Bilder in der Reihenfolge umsortiert, in Blöcke unterteilt, und schließlich in Gruppen von Blöcken, sogenannten Makroblöcken, verarbeitet werden. Jeder dieser Blöcke besteht dabei aus 8 Blockzeilen mit je 8 Bildpunkten. Die Gruppen werden in eine andere Gruppierung umgeformt, indem ein zeilenweise dargestelltes Bild in nichtüberlappende Blöcke fester Spalten- und Zeilenanzahl aufgeteilt wird. Dabei repräsentieren die Blöcke jeweils einen Bildausschnitt. Außerdem wird die zeitliche Aufeinanderfolge der Datensätze - Bilder - ebenfalls geändert.

Für diese Umformatierung ist ein Bildspeicher vorgesehen, der derart adressiert werden muß, daß auf die Gruppenelemente gezielt zugegriffen werden kann. Die Gruppen müssen also eine regelmäßige Struktur auf-

weisen. Die Umordnung der Datensätze erfordert hingegen keine Struktur mehr, da auf die Blöcke als Gesamtheit zugegriffen wird. Wenn die insgesamt verfügbare Speichergröße ausreichend ist, können die einzelnen Blocklängen variabel sein.

Der Speicherbedarf für die Zeilen/Block-Umformatierung ergibt sich bei blockorientierten Bildcodierungsverfahren für Blöcke mit n Zeilen zu n-1 Zeilen. Hinzu kommt der Speicherplatz für die Änderung der Bildreihenfolge. Dieser Speicherbedarf ergibt sich aus der Anzahl der zwischenzuspeichernden Bilder b und der Bildgröße. Hinzu kommt, daß bei mehrstufigen Umformatierungen mehrere Speicherbänke und Adreßgeneratoren erforderlich sind. Außerdem müssen die Informationen mehrfach gelesen und geschrieben werden.

Eine zweite Stufe dient der Datenkompression durch die erwähnten Hybridcodierungsverfahren. Es wird ein Bildspeicher benötigt, in dem vorhergehende Bilder zwischengespeichert und zur Bewegungskompensation des jeweils aktuellen Bildes verwendet werden. Der Speicher ist üblicherweise hinter den Rechenwerken zur Durchführung einer Diskreten-Cosinus-Transformation (DCT) und Quantisierung (Q), sowie der inversen Quantisierung (Q^{-1}) und inversen DCT (DCT^{-1}) angeordnet. Die Bilddaten werden vor dem Speichern transformiert und rücktransformiert, damit die Codierungsfehler bei der Bewegungsschätzung kompensiert werden können.

Herkömmlicherweise werden in beiden Speichern eines MPEG-Encoders unkomprimierte Bilder abgespeichert. Die Speicher müssen somit relativ groß ausgelegt sein. Je nach zu verarbeitenden Bildformaten und Normen besitzen die Speicher für die erste und zweite Stufe Größen zwischen ca. 300 kByte für 1/4 eines TV-Bildes und mehr als 4 MByte für ein hochaufgelöstes TV-Bild (HDTV-Bild).

Die Datendekompression wird in einem MPEG-Decoder durchgeführt. Hierzu werden die gemäß dem MPEG-Standard umgeordneten und kodierten Bilddaten eines Bildes von einem MPEG-Decoder eingelesen. In einer ersten Stufe werden die prinzipiellen Werteangaben und Bildparameter aus dem Datenstrom ausgelesen (Header-Detektion) und die mit variabler Codewortlänge codierten Daten in dem Variable-Length-Decoder (VLD) decodiert. Dabei werden die Bilddaten über eine inverse Zig-Zag-Funktion wieder in eine Blockanordnung umsortiert. Hierzu dient ein erster Bildspeicher. Der umsortierte und VLD-decodierte Datenstrom ist blockweise aufgeteilt und wird in einer zweiten Stufe mittels Dequantizierung (Q^{-1}) und zweidimensionalen inversen diskreten Cosinustransformation (DCT^{-1}) weiter decodiert. Anschließend wird die Bewegungskompensation rückgängig gemacht. Hierzu dient die entsprechende Stufe mit einem Bildspeicher, der auch als Puffer für die Bildausgabe verwendet werden kann.

Das erste decodierbare Bild einer Sequenz ist ein gänzlich ohne Bewegungskompensation "intra"-codiertes Bild (I-Picture). Dieses Bild wird als Resultat der DCT^{-1} direkt in den Speicher geschrieben. Von dort kann es für das nächste decodierte Bild, zum Beispiel ein aus vorangegangenen Bildern vorhergesagtes "prädiktives" Bild (P-Picture) oder ein aus vorangegangenen und nachfolgenden Bildern "bidirektional prädiktives" Bild (B-Picture), zur Bewegungskompensation herangezogen werden. Die decodierten P-Pictures werden zur Bewegungskompensatlon von B-Pictures ebenfalls zwischengespeichert, falls diese in der Sequenz vorkommen.

In der Stufe zur Bewegungsdekompensation werden die Bilddaten, wenn es sich um P- oder B- Bilder handelt, passend mit den im Speicher liegenden unkomprimierten Bilddaten eines vorhergehenden I- oder P-Bildes oder zweier vorhergehender B-Bilder verrechnet. Die I-Bilder werden ohne Informationen aus dem Speicher direkt dekompensiert. Der dekompensierte Datenstrom entspricht wieder einem decodierten normalen Bild mit Luminanz- und Chrominanzwerten laut CCIR Norm.

Der Bildspeicher in der zweiten Stufe wird normalerweise mit Hilfe der VLD-decodierten Bewegungsvektoren adressiert. Dabei wird durch diese Vektoren makroblockweise eine Verschiebungsposition eines Makroblockes des aktuellen Bildes zur Position eines Makroblockes aus einem vorhergehenden Bild angegeben.

Auch bei dem Decoder ergibt sich für den ersten Bildspeicher zum Umsortieren und Puffern des Datenstroms, daß auf die Gruppenelemente gezielt zugegriffen werden muß. Außerdem ist für die Bildspeicher der ersten und zweiten Stufe ein hoher Speicherbedarf erforderlich.

Für die Mehrkanaltonübertragung von Audiodaten werden diese in einem MPEG-Coder komprimiert. In einer ersten Stufe werden die Kanäle des Datenstroms teilbandgefiltert. Die dadurch entstehenden Frequenzbänder werden quantisiert und zur Bildung zweier kompatibler Stereokanäle matrixiert. In einer zweiten Stufe erfolgt die Codierung der Datenströme. Anschließend werden die Daten derart formatiert, daß sie sequentiell als MPEG-Datenstrom auf einem Kanal übertragen werden können. Hierzu werden sie in Pakete aufgeteilt und mit Steuerinformationen versehen.

Für die Ausführung dieser Codierungsverfahren sind Zwischenspeicher erforderlich. Im Gegensatz zum Videoencoder besteht das Speicherproblem nicht so sehr in der Speichergröße, als vielmehr in der Speicherbandbreite. Es kann nämlich dazu kommen, daß die Datenrate eines Bilddatenstroms zu groß ist. Dann wird die Speicherzugriffszeit überstiegen. Abhilfe schafft dann die kostenintensive Verwendung von schnelleren Speicherbausteinen oder eine Minimierung der Datenrate.

Die Dekompression von Audiodatenströmen erfolgt in einem Audiodecoder. Dabei wird in einer ersten Stufe der Datenstrom deformatiert. Entsprechend der Videodecodierung werden die Steuerdaten aus dem Kopf einer Sequenz gelesen (Header-Detection) und diese zusammen mit den codierten Abtastwerten der Decodierung zugeführt. Dabei werden die Daten wieder in Teilbänder zurückgewandelt. In einer weiteren Stufe werden die Kanäle durch eine Dematrixierung wieder zurückgewonnen und Teilbandgefiltert. Das Ergebnis sind Kanäle von im Zeitbereich vorliegenden pulscodemodulierten Audiodaten (PCM-Daten).

Für die Dekompression ist ebenfalls Speicher erforderlich, der aus Platzgründen üblicherweise für die verschiedenen Stufen gemeinsam genutzt wird. Auch hierbei treten neben Problemen der Speichergröße vor allem Konflikte aufgrund zu geringer Speicherbandbreite auf.

Die Erfindung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Codierung/Decodierung eines Datenstroms, welches die Verfahrensstufen einer Umsortierung sowie einer Komprimierung bzw. Dekomprimierung der Daten umfaßt, wobei die Daten zur Umsortierung in einem Zwischenspeicher abgelegt und in anderer Ordnung aus dem Zwischenspeicher ausgelesen werden. Aufgabe der Erfindung ist es, dieses Verfahren dahin zu verbessern, daß der erforderliche Speicherbedarf für den Zwischenspeicher, die erforderliche Speicherbandbreite und die im Zwischenspeicher abzuspeichernde Datenrate minimiert werden kann, also die Umsortierung der Datenströme resourcesparend und zeitoptimiert durchführbar ist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Daten komprimiert in dem Zwischenspeicher abgelegt und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden.

Wenn bei dem Verfahren zur Codierung/Decodierung des Datenstroms in der Stufe der Komprimierung bzw. Dekomprimierung Datenblöcke aus dem Datenstrom in einem zweiten Zwischenspeicher abgelegt und wieder ausgelesen werden sollen, ist in weiterem Verfolg des Erfindungsgedankens vorgesehen, daß die Daten komprimiert in dem zweiten Zwischenspeicher abgelegt und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden.

Durch die Kompression wird das zwischenzuspeichernde Datenvolumen erheblich verringert. Dies hat wesentliche weitere Vorteile zur Folge. So wirkt sich dies insbesondere bei der Videoverarbeitung vorteilhaft dahingehend aus, daß nunmehr wesentlich kleinere Speicher eingesetzt werden können. Bei der Audioverarbeitung kommt in erster Linie zum Tragen, daß sich die Anzahl der Speicherzugriffe und damit die erforderliche Speicherbandbreite verringert. In jedem Fall wird eine erheblich schnellere Zwischenspeicherung der Datenströme erreicht. Außerdem ist der HardwareAufwand für die Speicher deutlich kleiner als bisher, und es ist lediglich ein geringer zusätzlicher Gatteraufwand erforderlich.

Bei der Umsortierung von komprimierten Datensätzen wird der Zugriff auf die variablen Gruppen eines Datensatzes durch das Kompressionsverfahren bestimmt. Bevorzugt wird ein Kompressionsverfahren, bei dem die Strukturen und Größen einzelner Datengruppen, sowie der Ort der Zwischenspeicherung unabhängig vom Dateninhalt definiert und der Kompressionsfaktor einzelner Datengruppen festgelegt ist, also einzelne Gruppen mit festem Kompressionsfaktor komprimiert werden. Wenn dabei die Strukturen und Größen einzelner Datengruppen und der physikalische Ort der Zwischenspeicherung auf dem Speichermedium unabhängig vom Dateninhalt ist, kann auf die komprimierten Elemente der Datengruppen gezielt zugegriffen werden, und dann läßt sich der Datenstrom wie ein unkomprimierter Datenstrom in einem Schritt umformatieren.

Kompressionsverfahren, bei denen die Datenlängen variiert werden, sind für die Zwischenspeicherung in der Stufe der Umsortierung weniger geeignet, weil dann die Umformatierung der Gruppierung vor der Kompression stattfinden muß. Ein direkter Zugriff auf einzelne Gruppen ist dann nicht mehr möglich, ohne zusätzliche Adreßinformationen abzuspeichern. Dies hat zur Folge, daß mit solchen Kompressionsverfahren der Speicherbedarf und die Zugriffsrate für die Umformatierung nicht so stark verringert werden kann.

Vorzugsweise wird bei dem ersten Zwischenspeicher oder bei beiden Zwischenspeichern zur Kompression und Dekompression eine Differential-Puls-Code-Modulation (DPCM) verwendet. Dies bietet den Vorteil des geringeren Rechenaufwandes und einer geringeren Anzahl erforderlicher Gatter. Bei der Bildverarbeitung kann aufgrund der vorhandenen Ähnlichkeit der Zeilenstruktur in Blöcken und Bildern unter Verwendung einer hierarchischen Adressierung auch ein blockweise arbeitender zweidimensionaler Prädiktor für die DPCM eingesetzt werden. Damit kann der Kompressionsfaktor und die Qualität der übertragenen Daten verbessert werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform, die insbesondere für den zweiten Zwischenspeicher geeignet ist, wird die Kompression derart durchgeführt, daß die Daten mit Hilfe einer zweidimensionalen DCT, einer Quantisierungsstufe (Q) und einer VLC unabhängig von der Bildkomplexität auf eine feste Größe komprimiert werden. Dies hat den Vorteil, daß der zur Verfügung zu stellende Speicherbedarf vorhersagbar ist. Zum Auslesen der Daten erfolgt die Dekompression mit den inversen Verfahren.

Indem die Quantisierungsstufe durch eine Quantisierungssteuerung (Rate-Control) gesteuert wird, kann

der Quantisierungsfaktor blockweise nachgeregelt werden. Dadurch wird der Bildspeicher immer voll ausgenutzt. Es ist möglich, ein Optimum zwischen Bildqualität und Speicherbedarf zu erreichen.

Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Dabei sind handelsübliche Bausteine mit ihren üblichen Kurzbezeichnungen und alle anderen Schaltungsteile mit Ziffern bezeichnet. Es zeigen:

Fig. 1: MPEG - Encoder mit Bildspeichern für die Umsortierung und die Bewegungskompensation
Fig. 2: Verfahren zur Speicherminimierung
Fig. 3: MPEG - Decoder mit Bildspeichern für die Umsortierung und die Bewegungskompensation
Fig. 4: Spezieller Huffmannkoder zur Durchführung einer VLC

Ausführungsbeispiele

Das Verfahren kann bei einer Vielzahl von Datenverarbeitungseinrichtungen mit allen denkbaren Kompressionsalgorithmen eingesetzt werden.

Die erforderliche Speicherkapazität wird dadurch verkleinert, daß die Daten vor dem Speichern komprimiert und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden. Die resultierende Speicherkapazität berechnet sich in Abhängigkeit von dem Kompressionsfaktor k zu: $Spk = Spn / k$

mit

Spk : Speicherkapazität für komprimierte Datenmenge
Spn : Speicherkapazität für unkomprimierte Datenmenge
k : Kompressionsfaktor

Der Kompressionsfaktor k ist abhängig von dem gewählten Kompressionsverfahren und der gewünschten Qualität der zu speichernden Daten.

Die Erfindung wird nun am Beispiel der Bilddatenverarbeitung nach dem MPEG-Verfahren näher erläutert. In Fig. 1 ist der Aufbau eines herkömmlichen MPEG-Decoders dargestellt. Die unkomprimierten Daten 1 werden in einem Rechenwerk 2 (Frame-Reordering) umgeordnet, wobei ein Bildspeicher 3 zum Schreiben 4 und Lesen 5 genutzt wird. Der Speicher wird durch eine Steuereinheit mittels Controlsignale 6 gesteuert. Der nachfolgende Bewegungsschätzer 7 greift auf den zweiten Bildspeicher 8 zu. Dort sind die unkomprimierten Daten vorhergehender Bilder abgelegt. Anschließend folgt die Kompression mittels DCT und Quantisierung Q. Die Daten werden dann zum einen einer Variable-Length-Codierung (VLC) unterzogen und zur Ausgabe in einem Zwischenspeicher 9 gepuffert und als komprimierter Datenstrom 10 ausgegeben. Zum anderen wird eine inverse Quantisierung und eine inverse DCT durchgeführt und die Daten werden in dem Bildspeicher 8 abgelegt. Durch eine Quantisierungssteuerung 11 (Rate-Control) kann der Quantisierungsfaktor blockweise nachgeregelt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in die erste Stufe zur Umsortierung und die zweite Stufe zur Bewegungskompensation eingefügt werden. Die Einsatzbereiche der Erfindung im Encoder sind durch ein gestrichelten Block 12 dargestellt.

Die Umsortierung kann dann in einem Schritt durchgeführt werden, wenn ein fester Kompressionsfaktor für einzelne Gruppen unabhängig vom Dateninhalt vorgegeben wird. Dies ist durch den Einsatz geeigneter Quellencodierungsverfahren erreichbar. Ein mögliches Verfahren ist die verlustbehaftete DPCM mit fester Codewortlänge, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, oder eine entsprechende Transformationscodierung.

In Fig. 2 ist ein Block 12 zur Speicherminimierung dargestellt. Anstelle des unkomprimierten Abspeicherns der Original-Bilddaten in den Speicher werden diese einer DPCM unterzogen. Hierfür wird der Datenstrom 4 mit Daten, die durch einen Prädiktor 13 vorhergesagt sind, verrechnet und quantisiert (Q). Anschließend wird der Datenstrom mit einem Huffmann-Verfahren 14 codiert und in den Speicher 15 geschrieben. Zum Auslesen wird der Datenstrom in einem Huffmann-Decoder 16 decodiert und mit den, mittels Prädiktor 17 vorhergesagten Werten verrechnet.

Dieses Verfahren der Codierung und Decodierung mittels DPCM hat den Vorteil, daß der Kompressionsfaktor festgelegt werden und somit auf die Daten im Speicher gezielt zugegriffen werden kann. Außerdem ist der Gatteraufwand zur Implementation in einem Halbleiterbaustein recht gering.

Zur separaten Blockzeilencodierung /-decodierung zur Umsortierung ist erfahrungsgemäß ein Kompressionsfaktor von zwei einsetzbar, ohne daß wesentliche Beeinträchtigungen der Bildqualität auftreten. Durch eine hierarchisch strukturierte Adressierung kann direkt auf jede Blockzeile zugegriffen werden. Damit können alle Umformatierungsoperationen nach dem Einschreiben in den Speicher 15, der als RAM mit wahlfreiem Zugriff ausgeführt sein sollte, in einem Schritt durch direkte Adressierung der Blockzeilen beim Auslesen durch-

geführt werden.

Da jede Gruppe ohne Bezug auf benachbarte Gruppen komprimiert wurde, kann anschließend das Signal wieder separat dekomprimiert werden.

Ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 3 dargestellt. Der Datenstrom 4 wird einer zweidimensionalen diskreten Cosinustransformation (DCT) unterzogen und anschließend mittels einer Quantisierungsstufe (Q) quantisiert. Die quantisierten Daten 18 werden in einer besonderen Huffmannkodierung (VLC), die in Fig. 4 dargestellt ist, komprimiert. Der komprimierte Datenstrom 19 wird dann im Speicher 15 abgelegt. Die Steuerung der Quantisierung übernimmt eine Quantisierungssteuerung 20 (Rate-Control). Beim Auslesen der komprimierten Daten werden diese Schritte dann mittels der entsprechenden inversen Operationen rückgängig gemacht (VLD, Q^{-1}, DCT^{-1}). Dieses Verfahren, das dem JPEG-Standard ähnlich ist, weist dabei folgende Besonderheiten auf:

a) Bilder werden nur Intra-codiert.

b) Bilder werden unabhängig von der Bildkomplexität auf eine feste Größe komprimiert.

c) Die Quantisierungssteuerung 20 arbeitet prädiktiv, d.h. sie berücksichtigt während der Bildkompression auch die noch zu erwartenden Datenmengen des noch nicht bearbeiteten Bitrestes.

d) Die Huffmann-Tabellen werden in Abhängigkeit von der Kompressionsrate, die wiederum durch den Anwendungsfall bestimmt ist, speziell angepaßt.

e) Falls ein unkodierter Block (8x8 Pixel) weniger Daten umfaßt als ein kodierter, wird er uncodiert abgespeichert.

Für die DCT kann eine beliebige Architektur verwendet werden, sofern sie die Anforderungen an die Genauigkeit gemäß des zugrundeliegenden Standards (z.B. MPEG oder H.261) erfüllt.

Die Quantisierung arbeitet in ihren Grundzügen analog zu JPEG und besitzt auch denselben zweistufigen Aufbau. Die Quantisierungssteuerung 20 regelt den Quantisierungsfaktor blockweise nach. Dies geschieht in Abhängigkeit des Füllstands des Bildspeichers und der zu erwartenden Komplexität des Bildes.

Ein spezieller Huffmannkoder ist in Fig. 4 dargestellt. Zuerst werden die quantisierten Daten im Zigzag-Scan aus einem ersten RAM-Speicher 21 gelesen. Der erste Wert, die Gleichkomponente (DC) im Frequenzbereich, wird uncodiert in den Ausgangsspeicher 22 geschrieben. Die nachfolgenden Wechselkomponenten (AC-Werte) werden analog zum MPEG-Standard nach dem Run-Length-Verfahren kodiert. Die dadurch entstandenen Wertepaare werden dann mittels einer Huffmann-Tabelle in einen Bitcode variabler Länge transformiert. Hierzu dient ein Huffmann-Coder 23, ein Multiplexer 24 und ein Registerspeicher 25. Am Überlauf des Ausgangsspeichers 26 erkennt man, ob der kodierte Block mehr Daten enthält als der uncodierte. Dann wird der Block zwar DCT-transformiert aber nicht komprimiert ausgegeben.

Am Ausgang des VLC erscheint also ein Bitstrom mit kodiertem bzw. teilweise auch uncodierten Daten, die entsprechend der Wortbreite des Speichers mit einem Multiplexer 27 parallelisiert und in dem Registerspeicher 22 abgespeichert werden. In einem weiteren Speicher muß für jeden Block noch ein Flag gesetzt werden, der kennzeichnet, ob es sich um einen uncodierten oder kodierten Block handelt. Außerdem muß der zum Block gehörige Quantisierungsfaktor abgelegt werden.

Durch Algorithmen, die abhängig vom Anwendungsfall sind, kann sichergestellt werden, daß der Bildspeicher immer voll ausgenutzt wird, so daß sich ein Optimum zwischen Bildqualität und Speicherbedarf einstellt. Die Quantisierungssteuerung 20 bestimmt zusammen mit der Quantisierung (Q) und der Huffmann-Codierung (VLC) den Kompressionsfaktor.

Die Decodierung der Bildspeicherdaten nach dem inversen Verfahren erfolgt analog zur VLC. Dabei muß das Flag ausgewertet werden, welches der Kennzeichnung dient, ob es sich um einen codierten oder uncodierten Block handelt.

Die Dequantisierung arbeitet analog zur Quantisierung. Es werden die 12 bitbreiten Eingangsdaten für die inverse DCT erzeugt.

Zur inversen diskrete Cosinustransformation (DCT^{-1}) kann jede Hardware verwendet werden, sofern die Anforderungen des jeweiligen Standards unterstützt werden.

Die Einsatz der Erfindung wird ferner an einem MPEG-Videodecoder in Fig. 5 dargestellt:

Dabei kann das Verfahren zum einen zur Umsortierung des Datenstroms nach der Header-Detektion 28 verwendet werden. Der hierfür üblicherweise verwendete Zwischenspeicher 29 kann durch das erfindungsgemäße Verfahren 12 ersetzt werden.

Vorteilhaft kann das Verfahren zur Bewegungskompensation eingesetzt werden. Die mittels VLD, Q^{-1} und DCT^{-1} decodierten Bilddaten werden, wenn es sich um I- oder P-Bilder handelt, nach dem in Fig. 3 gezeigten Verfahren komprimiert und in den Bildspeicher 30 geschrieben. Dort stehen sie für ein zukünftiges zu decodierendes P- bzw. B- Bild zur Verfügung. Auf diese Weise stehen im Bildspeicher immer die letzten beiden P-Bilder bzw. ein I- und ein P-Bild komprimiert zur Verfügung. Über das inverse Verfahren werden die Daten wieder dekomprimiert und der Dekompensationsstufe 31 zugeführt. Die B-Bilder werden von der Dekompen-

sationsstufe 31 direkt über einen Multiplexer 32 an die Ausgabeeinheit weitergereicht und nicht zwischengespeichert.

Der Speicher 30 ist in zwei Teilbereiche mit je zwei Bänken aufgeteilt. Die Speicheradressen werden durch die Vektoren des VLD generiert und in einem Adreßspeicher 33 abgelegt.

Die nachfolgende Einheit muß dazu in der Lage sein, die Bilddaten blockweise und nicht zeilenweise, wie bei Monitoren erforderlich, entgegenzunehmen.

Der abgeschätzte Hardwareaufwand mit und ohne Speicherminimierung ist im folgenden im Vergleich stellvertretend für einen MPEG - Decoder, für zwei CCIR 601 Norm - Bilder, bei 4:2:0 Chromaformat aufgeführt:

Wählt man für höchste Bildqualität einen Kompressionsfaktor k=3 für die Bildspeicherdaten, so werden über 1/50 s gemittelt nur 44/3 MBytes übertragen. Dies entspricht einer Bitrate von 14.7 MByte/s. Die dafür erforderliche Speichergröße des Bildspeichers beträgt dann: 720 Bildspalten x 288 Bildzeilen x (8 + 4 Bit pro Pixel) x 4 Speicherbänke (2 I- und 2 P-Bilder) / k = ca. 10/k MBit = ca. 3.3 MBit.

Für jeden Block müssen die Startadressen zusammen mit dem Quantisierungsfaktor und dem Flag für kodierte oder uncodierte Daten in einem Adreßspeicher abgelegt werden. Unter den oben gemachten Voraussetzungen ergibt sich eine Wortbreite der Adresse für den Bildspeicher von 26 Bit pro Block.

Die Anzahl der benötigten Einträge des Adreßspeichers richtet sich nach der Blockanzahl, der Blockgröße und der Norm des Bildes: 720 Bildspalten / 8 (horizontale Blockgröße) x 288 Bildzeilen / 8 (vertikale Blockgröße) x 1,5 (Luminanz und Chrominanz) = 4860 Blöcke pro Speicherbank. Daraus folgt eine Gesamtzahl von 19440 Einträgen à 26 Bit, d.h. ca. 505 KBit für den Adreßspeicher.

Für die spezielle Ansteuerung des Bildspeichers in einem MPEG - Decoder wird ein Mehraufwand an Hardware von einer zweidimensionalen DCT, einem Quantisierer (Q) und einem Huffmannkoder (VLC) inkl. Quantisierungssteuerung 20 erforderlich. Zum Auslesen aus dem Bildspeicher werden pro Teilspeicher eine inverse DCT (DCT^{-1}), ein Dequantisierer (Q^{-1}) und ein Huffmann-Decoder (VLD) benötigt.

zu implementierende	Speicherminimierung	
Hardware	mit	ohne
2 DCT^{-1} (60 MHz)	24000 Gatter	0 Gatter
2 Q^{-1}	10000 Gatter	0 Gatter
2 VLD	10000 Gatter	0 Gatter
1 VLC	8000 Gatter	0 Gatter
1 Q	5000 Gatter	0 Gatter
1 DCT (16 MHz)	8000 Gatter	0 Gatter
1 Rate-Control	5000 Gatter	0 Gatter
Adreßspeicher	505 KBit	0 Bit
Bildspeicher	3.3 MBit	10 MBit
GESAMT	70000 Gatter + ca. 3.8 MBit	10 MBit

Insgesamt ergibt sich also für den Bildspeicher ein Speicherbedarf von 3,3 MBit (Datenspeicher) + 0,5 MBit (Adreßspeicher) = ca. 3,8 MBit gegenüber 10 MBit für das unkomprimierte Abspeichern der Bilder bei CCIR 601, 4:2:0.

Eventuell könnte bei einem Zeitmultiplexbetrieb von einzelnen Modulen (z.B. DCT's, Q's) bei Verwendung schneller Technologien der Hardwareaufwand noch reduziert werden. Dies ist jedoch vom einzelnen Anwendungsfall und von der Grenzfrequenz der Technologie gegenüber der zu verarbeitenden normabhängigen Datenmenge abhängig.

Bei der Anwendung des beschriebenen Verfahrens zur Bewegungskompensation erhält man im Normalfall ein Aufaddieren der durch diese Kompression entstandenen Fehler bis zum nächsten I-Bild. Falls dies nicht erwünscht ist, kann die Fehlerfortpflanzung auf die aufeinanderfolgenden B-Bilder mit folgendem Verfahren begrenzt werden:

Zuerst wird ein I- oder P-Bild unkomprimiert in den Speicher geschrieben. Das danach einlaufende I- oder P-Bild wird, bedingt durch die maximale Länge des Bewegungsvektors, für die ersten 64 Zeilen ebenfalls un-

komprimiert abgelegt und mit dem unkomprimierten I- / P-Bild dekompensiert. Nun wird gleichzeitig damit begonnen, das I-Bild auszulesen, zu komprimieren und an anderer Stelle wieder in den Speicher zu schreiben.

Die Kompression in dem erfindungsgemäßen Verfahren kann auch ohne Transformation durchgeführt werden. Die Bilddaten können, ohne daß sie durch eine DCT / DCT^{-1} oder andere Transformationen in den Frequenzbereich überführt wurden, mittels des Shannonschen Entropietheorems im Ortsbereich komprimiert werden. Hierzu wird zuerst eine optimale Huffmanntabelle der Daten im Ortsraum errechnet, wobei die Häufigkeitsverteilung der Helligkeits- bzw. Chrominanzwerte im Ortsbereich genutzt wird. Die Huffmanntabelle wird dabei entweder on-line pro Bildausschnitt ermittelt oder fest vorberechnet. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in einer geringeren Komplexität der Kompression. Um eine feste Ausgangsdatenrate zu garantieren, muß dieses Verfahren um eine geeignete Quantisierungsstufe erweitert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Codierung/Decodierung eines Datenstroms, umfassend die Verfahrensstufen einer Umsortierung sowie einer Komprimierung bzw. Dekomprimierung der Daten, wobei die Daten zur Umsortierung in einem Zwischenspeicher abgelegt und in anderer Ordnung aus dem Zwischenspeicher ausgelesen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten komprimiert in dem Zwischenspeicher abgelegt und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in der Stufe der Komprimierung bzw. Dekomprimierung Datenblöcke aus dem Datenstrom in einem zweiten Zwischenspeicher abgelegt und wieder ausgelesen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten komprimiert in dem zweiten Zwischenspeicher abgelegt und beim Auslesen wieder dekomprimiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Kompressionsverfahren, bei dem die Strukturen und Größen einzelner Datengruppen, sowie der Ort der Zwischenspeicherung unabhängig vom Dateninhalt definiert und der Kompressionsfaktor einzelner Datengruppen festgelegt ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompression und Dekompression eine Differential-Puls-Code-Modulation (DPCM) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Differential-Puls-Code-Modulation (DPCM) mit blockweise arbeitenden zweidimensionalen Prädiktoren (13 und 17) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherplätze mittels hierarchisch strukturierter Adressierung zugeordnet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten einer zweidimensionalen diskreten Cosinustransformation (DCT) unterzogen, anschließend mittels einer Quantisierungsstufe (Q) und einer Huffmannkodierung (VLC) komprimiert im Speicher abgelegt und beim Auslesen mittels der entsprechenden inversen Operationen (VLD, Q^{-1}, DCT) wieder dekomprimiert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantisierungsstufe (Q) durch eine prädiktiv arbeitende Quantisierungssteuerung (20) gesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompression und Dekompression eine eindimensionale Transformationscodierung verwendet wird.

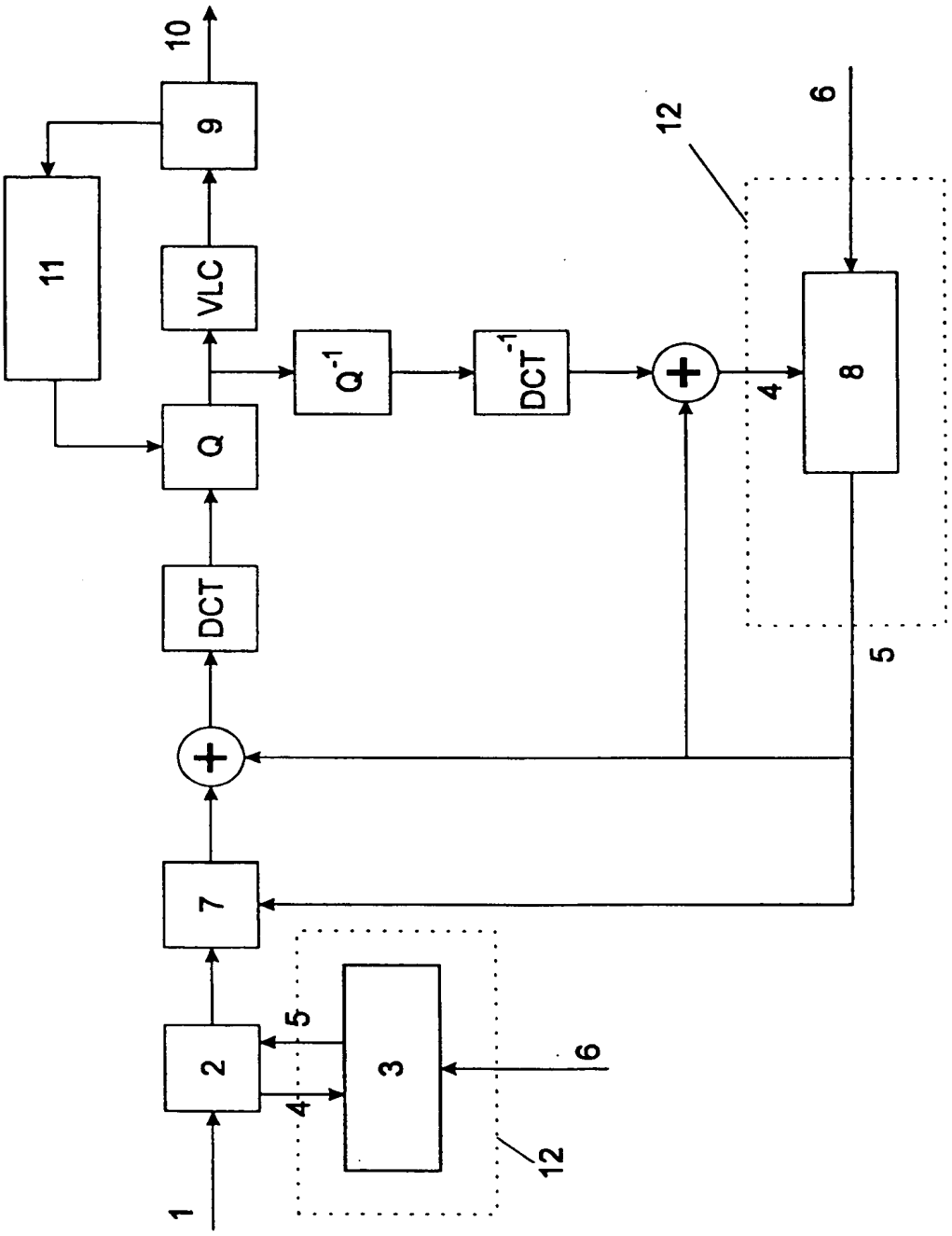


Fig. 1

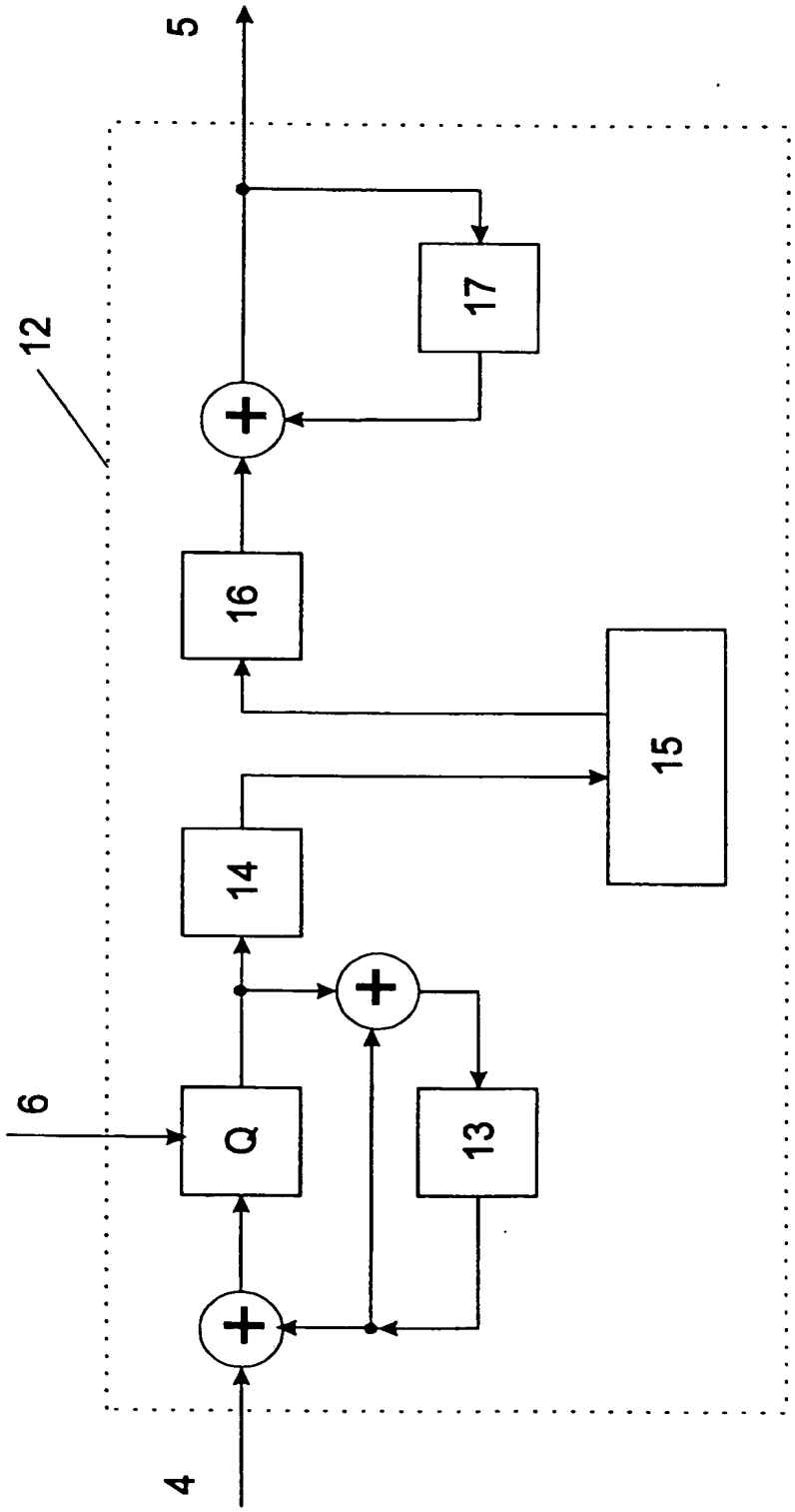


Fig. 2

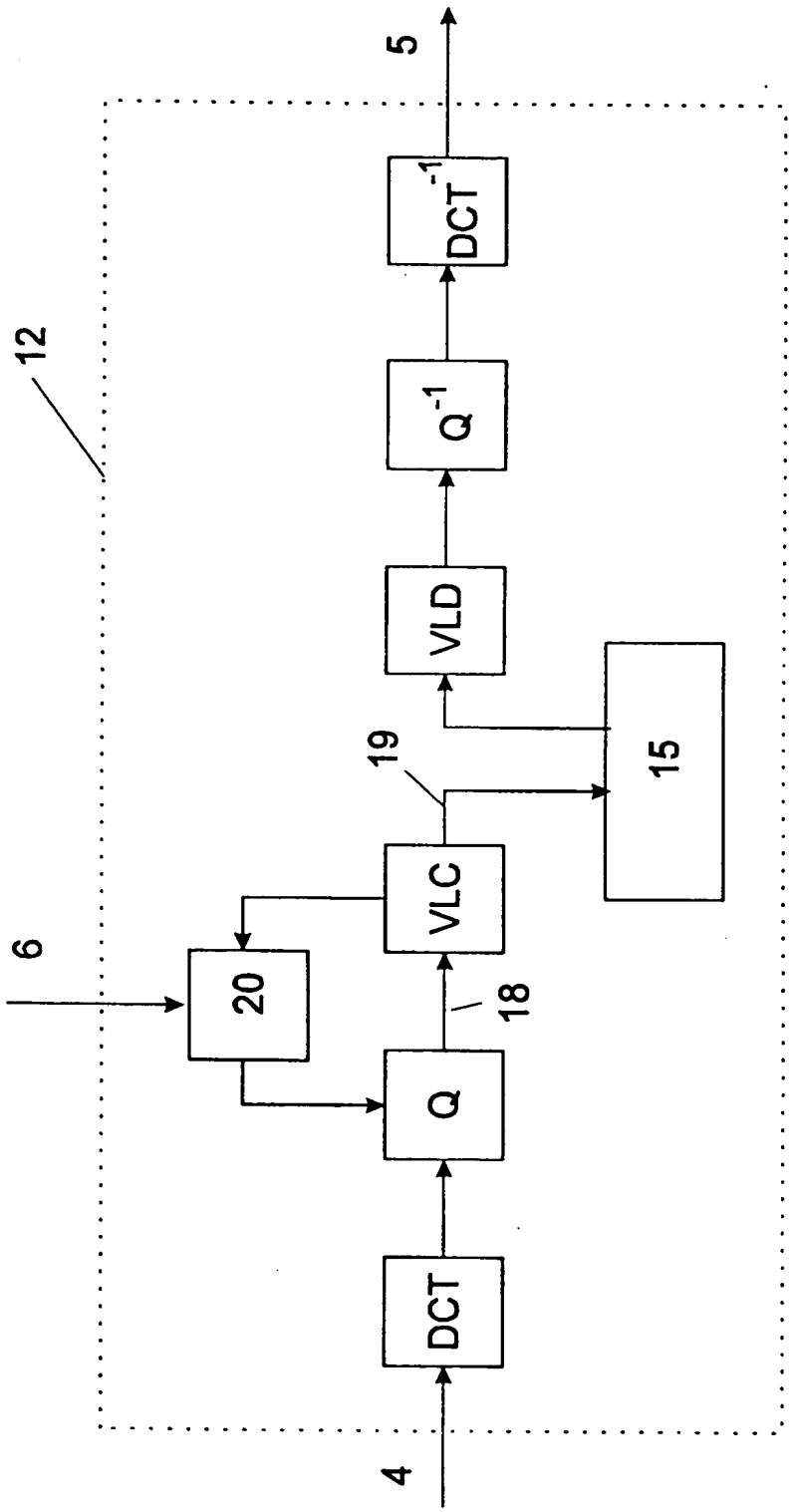


Fig. 3

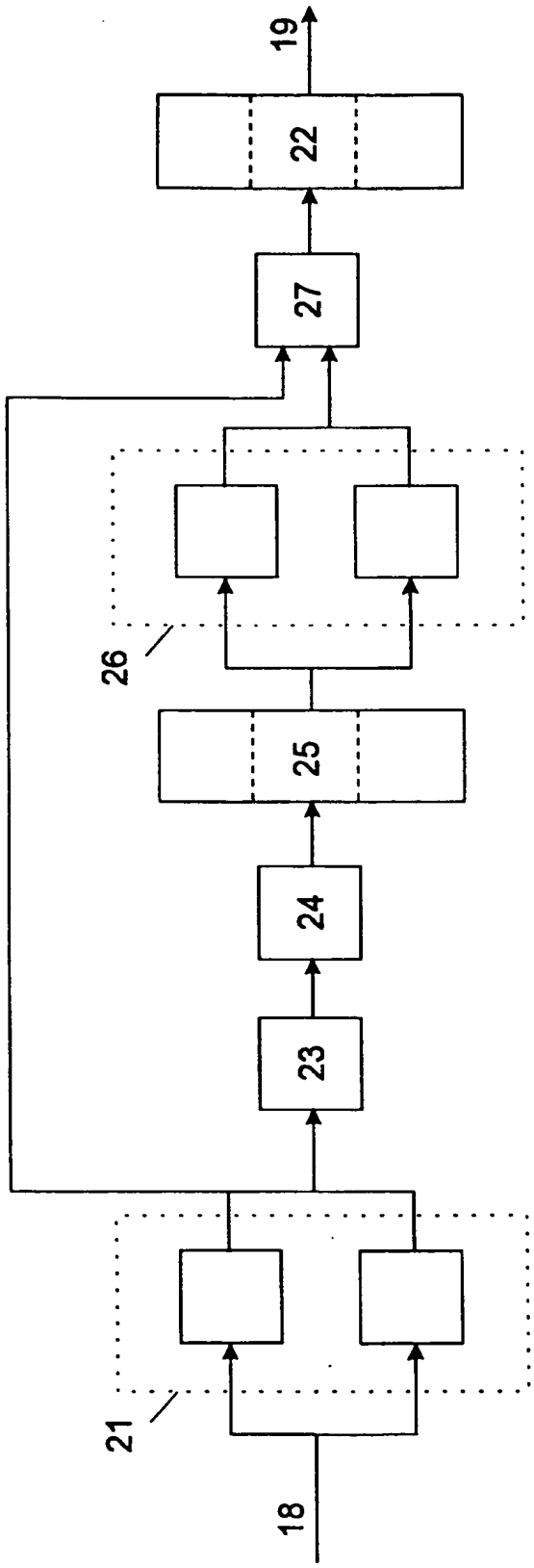


Fig. 4

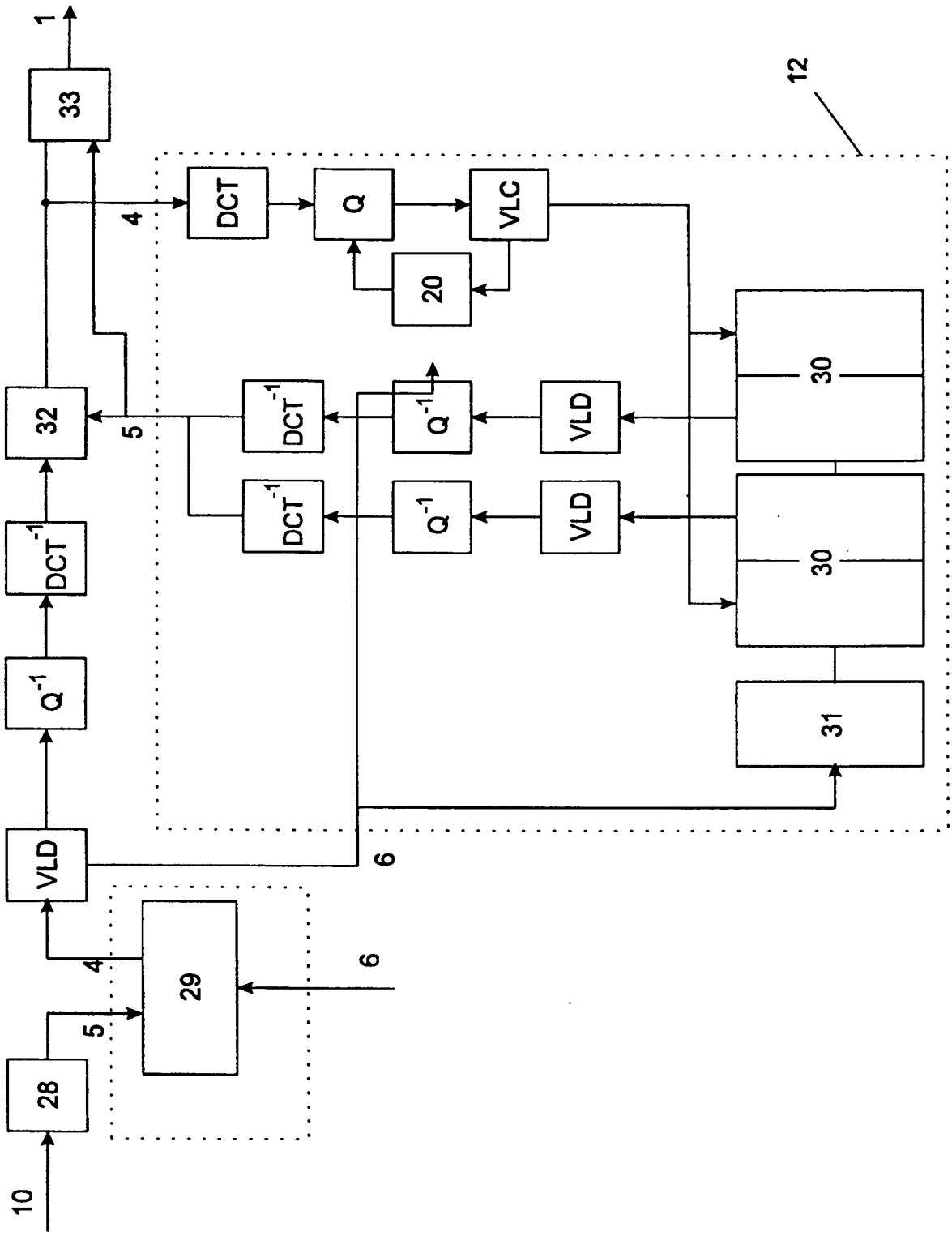

1
33
12
4
DCT
Q
VLC
20
30
32
5
DCT⁻¹
Q⁻¹
VLD
30
DCT⁻¹
Q⁻¹
VLD
DCT⁻¹
Q⁻¹
31
VLD
6
4
29
6
5
28
10

Fig. 5

This Page Blank (uspto)

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)